

VR 技術を用いた車掌の基本動作習得支援教材の開発

菊地 史倫*

Development of VR-Based Training Materials
for Fundamental Operational Procedures of Railway Conductors

Fumitoshi KIKUCHI

This study developed two VR (virtual reality) training materials, — from a first-person and a third-person perspectives — to support railway conductors in learning fundamental safety procedures. The two materials were created using high-resolution 360° video and tested with trainee and senior conductors. Both perspectives were rated as helpful for understanding the required procedures, and VR-based training was generally well accepted. Participants indicated complementary benefits of the two perspectives. These findings suggest that VR materials can serve as a practical tool for facilitating the acquisition of fundamental operational procedures of railway conductors.

キーワード：安全確認，仮想現実，車掌 VR システム，主観視点，第三者視点，教育訓練

1. はじめに

車掌は鉄道の運行に関わる様々な業務を実施している。案内放送を通じて旅客の移動を支援する他、営業運転では旅客の安全を確保するための重要な役割を担っている。これらの業務を安全かつ円滑に遂行するため、車掌養成の段階で各業務に関連する基礎的な知識および技能の教育訓練を受けているが、多くの技能は実際に現場で働きながら習熟していく必要がある。

鉄道事業者の研修所では、現場勤務前後の教育訓練の一環として、シミュレータや簡易なモックアップを用いた研修が行われている。これは現場での教育訓練が困難であるため、できるだけ実環境を模擬して技能を習熟させることを目的としている。しかしながら、シミュレータなどによる教育訓練の実施には時間的制約が伴い、車掌一人あたりに割ける訓練時間と反復訓練の機会が限られてしまうといった問題がある。

このような問題を解決する手段として、近年では仮想現実 (Virtual Reality: VR) 技術を活用した教育訓練手法が注目されている。仮想空間では現実環境に非常に近い環境下で実践的な教育訓練が可能である。また、VR を体験するための機材を用意する必要はあるが、訓練者に個別かつ高頻度の訓練機会を提供できる利点がある。実際に、鉄道関連の安全教育分野でも VR を用いた取り組みが報告されており、たとえば保守作業員に対する安全ルール遵守教育で VR を使用した教育メニューや、保守作業員の危険感受性を高める VR 訓練が提案されている^{1) 2) 3)}。また、産業分野全般においても VR を活用した技能訓練が有効かつ柔軟な手法として期待されている⁴⁾。VR は従来の訓練手法と比較して没入的な体験が強くなるため、学習対象となる状況を体験的に理解できる点が特徴である。このような特徴から VR による学習では課題への注意や状況判断の現実性が高まり、その結果として問題解決能力や創造的思考を促進することが報告されている^{5) 6)}。そして、学習過程自体に対する興味や学習の自律性を高めることが報告されており、学習者の満足度や受容性も高くなる^{6) 7)}。

* 人間科学研究部 人間工学研究室

そこで、本報告では VR 技術を用いた車掌の安全確認作業に関する教育訓練システムを提案することを最終的な目的として、本作業の中でも基本動作の習得を支援する教材の開発と、現場での試用結果について報告する。

2. 車掌の基本動作習得支援教材

2.1 安全確認作業における基本動作

車掌は、列車運行において旅客の安全を確保するため、ホーム停車中に一連の安全確認作業を実施している。ホームに到着した後は開扉操作に続いて乗降中の旅客の動きを注視し、ホーム上の状況を確認した上で閉扉操作を行い、最終的な安全確認を経て列車を発車させる必要がある。これらの確認行動は限られた停車時間内に複数の作業を所定の順序で実施することが求められる点に特徴がある。また、各鉄道事業者では、これらの作業に対して標準化された動作や手順がマニュアルとして定められており、まずは基本動作を正確に遂行できる基礎技能を身につけることが重要となる。さらに、駅構造の違いや旅客流動の変化に応じて重点的に確認すべき対象を柔軟に選択するなど、状況に応じた注意配分や判断などの応用的技能が必要である。このように安全確認作業には標準化された動作としての基本動作と、実際の状況に応じて安全を確保するための応用的技能という二つの層が存在する。基盤となる基本動作を確実に習得できれば、応用的技能の教育訓練に十分な時間と労力を割くことが可能となり、実務全体の安全性向上に寄与すると考えられる。これらの観点を踏まえると、没入体験を通じた状況理解、反復学習の容易さ、再現性の高い訓練条件といった VR の特性は、標準化された動作を短期間で正確に身につける上で有効に機能する可能性がある。

2.2 視点の異なる VR 教材の開発と試用

VR の特性を活かした車掌の基本動作の習得を支援するための方法の一つは、熟練車掌が安全確認作業を行っている場面を主観視点で提示することである。主観視点の映像は、使用者が自分自身の視点で現場状況を体験することで、動作の意味づけや注意配分を自然に理解できる利点がある。実際に、組み立て作業を対象とした研究では、一人称視点の教材は手続き的課題の学習を促進することが示されている⁸⁾。また、3D 動作を主観視点で提示した教材がドラム演奏の学習を支援した報告もあり、熟練者の視線や動きの特徴を学習者が模倣しやすいことが確認されている⁹⁾。これらの知見は、主観視点による VR 体験が、実務に近い臨場感を伴った動作理解を促進することを示している。

一方で、通常の訓練で行われるような第三者視点の映像提示にも教育的価値がある。第三者視点では動作全体の流れや身体の配置を俯瞰的に把握しやすく、複数のサブ動作で構成される手続き的作業の構造理解を支援する点が指摘されている。たとえば、手続きアニメーションを用いた研究では、手の視点の違いが学習成果に影響し、三人称視点の提示が全体の構造の理解を助ける場合があることが報告されている¹⁰⁾。したがって、主観視点と第三者視点はそれぞれ異なる種類の学習支援効果を持つと考えられる。

以上の背景を踏まえ、本報告の目的は下記の 2 点である。まず、主観視点および第三者視点の両方を備えた車掌の基本動作習得支援用の VR 教材を開発することである。次に、開発した教材を、新規養成車掌と指導車掌に試用してもらい、教材の使用感や運用上の課題について評価を行うことである。

2.3 開発した VR 教材の構成と特徴

本報告で開発した VR 教材は、主観視点教材と第三者視点教材の 2 種類で構成されている (図 1, 2)。

主観視点の VR 教材は、模範演技者が基本動作を実施する際の視野を基準として編集したものであり、学習者は車掌の視点に近い位置関係から動作系列を追体験できる構造を持つ。模範演技者の移動に伴う視点位置の変化が反映されるため、基本動作中の進行に応じた視線や体の動きの変化を連続的に把握しやすい。また、第三者視点の VR 教材は、模範演技者の全身動作を後方の固定視点から捉えた映像を基盤としており、学習者は動作の流れ、身体配置、動作のつながりを俯瞰的に把握できる。複数の手続き的動作から構成される基本動作の全体構造を理解する上で有用な視点である。

両教材で学習者が VR 空間内を任意に移動する機能はない。VR 空間では撮影時のカメラ位置に基づく視点が正面に固定されていたが、頭を動かすことで視点のみ変更可能である。主観視点教材では学習者が模範演技者と同じ視点になるように頭を動かすことが学習時に求められる操作であり、第三者視点教材では動作を覚えるために模範演技を観察することが学習時に求められる。両教材の再生時間はともに約 4 分 18 秒である。教材に含まれる音声は模範演技者が実施する動作音および指差確認時の発声のみであり、解説音声などの付加的情報は含まれていない。



図 1 主観視点の VR 映像例



図 2 第三者視点の VR 映像例

2.4 学習対象とした車掌の基本動作

鉄道事業者の協力を得て提供された車掌の安全確認作業に関するマニュアルに基づき、列車が駅ホームに到着してから発車し、次駅に到着するまでの一連の基本動作を教材の対象とした。対象動作には、開扉操作、その後の旅客の乗降状況の監視、ホーム上の状況確認、閉扉操作、および出発前の最終安全確認、発車後の状態監視や案内放送などを含んでいる。

2.5 撮影環境および模範演技者

VR 教材に用いる映像の撮影は、鉄道事業者の研修所に設置されているシミュレータで実施した。同事業者で車掌教育や指導を担当する講師がマニュアルに準拠した正確な基本動作を再現した模範演技を実施した。主観視点映像と第三者視点映像の動作を比較可能にするため、両視点の撮影では同一の動作系列をほぼ同じタイミングで実施するよう指示し、主要な動作とその実施時間は視点間でほぼ一致していた。

2.6 VR 映像の撮影および編集方法

映像の撮影には、8K 解像度の 360 度カメラ (QooCam 8K, Kandao 社製) を使用した。主観視点映像は、模範演技者の頭部にカメラを固定し、演技中の視野をそのまま収録した映像を編集して作成した。第三者

視点映像は、模範演技者全体の動作が一画面で把握できる画角にカメラを固定して撮影した映像を用いた。撮影および編集作業は、専門の映像制作会社に委託して実施した。主観視点映像は模範演技者の移動に伴って視点が移動しており、複数名で試行した結果 VR 酔いが発生した。VR 酔いを軽減するために、編集段階で視点の回転成分を除去した。これにより、体験者の視点の変化を抑制しつつ、能動的に頭を動かすことで動作理解に必要な視覚情報を保持できる構成とした。

2.7 VR 教材の再生環境

VR 体験用のヘッドマウントディスプレイ (HMD) は、VIVE Pro Eye (HTC 社製) を採用した。本 HMD は高精度の頭部位置や姿勢トラッキングと視線計測機能を備えており、学習者の視線方向を自然に反映した映像提示が可能であった。教材映像の再生および操作制御には、VR 学習支援ソフトウェア (Mcframe MOTION VR-learning, ビジネスエンジニアリング社製) を用いて、PC 接続環境において 360 度映像を再生した。

3. 基本動作習得支援教材の試用

視点の異なる車掌の基本動作習得支援教材の使用感や運用上の課題について評価を行うため、鉄道事業者の協力を得て新規養成車掌と指導車掌が試用した。なお、新規養成車掌は営業線で車掌業務を行う前に研修所で研修を受けている車掌であり、指導車掌は現場で新規養成車掌や若手車掌を指導する立場にある車掌である。

3.1 方法

3.1.1 参加者

鉄道事業者の研修所で研修を受けていた新規養成車掌 116 人 (男性 83 人・女性 31 人・無回答 2 人)、指導車掌 25 人 (男性 18 人・女性 3 人・無回答 4 人) が参加した。新規養成車掌は平均年齢 21.8 歳 ($SD=0.7$)、平均車掌経験年数 0.0 年 ($SD=0.0$) であり、指導車掌は平均年齢 28.0 歳 ($SD=4.0$)、平均車掌経験年数 3.6 年 ($SD=2.4$) であった。新規養成車掌は営業線で車掌業務を行う前であったため、経験年数は 0 年とした。

3.1.2 実験手順

参加者は研修の一環として VR 教材を体験した。実験者は、参加者に基本動作を学習するための 2 つの異なる視点の教材を体験してもらうことを教示し、HMD を用いて主観視点と第三者視点の両視点を体験させた。実験者は VR 教材には 2 つの視点 (主観視点・第三者視点) があること、両視点ともに頭を動かすとそれに伴って視野が移動することを事前に参加者に説明した。実験者によって参加者の体験の順番は主観視点を体験した後に第三者視点を体験する場合と、第三者視点を体験した後に主観視点を体験する場合にランダムに割り当てられた。実験者は、両視点体験後に VR 教材に関する質問紙に参加者が回答するように依頼した。

3.1.3 評価項目

新規養成車掌は自分が基本動作を学習する立場を想定した直接評価を行った。指導車掌は基本動作を既に習得しているため、自身の立場で評価することが困難であった。そこで、指導車掌は現場で指導する車掌が本教材を用いて学習した場合を想定した間接評価を実施した。評価項目は下記の通りである。

- ・項目 1: VR 教材を用いた時の基本動作の主観的な覚えやすさ (1: 非常に覚えにくい~6: かなり覚えや

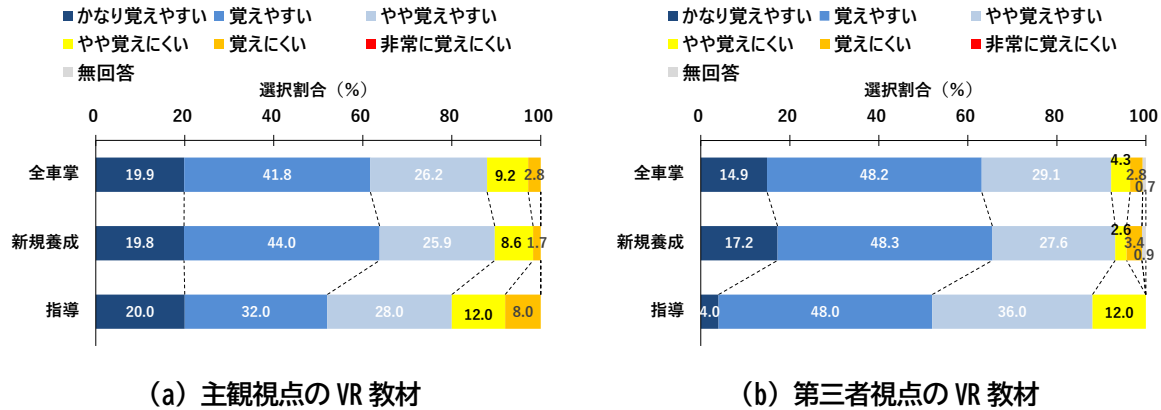
すい、から択一式で選択)。

- ・項目 2：今後の研修で使用したい VR 教材（主観視点のみ使用したい・第三者視点のみ使用したい・両視点から選択して使用したい・どちらでもよい、から択一式で選択）。
- ・項目 3：今後の研修で使用したい VR 教材の選択理由（自由記述）。

3.2 結果

3.2.1 VR 教材を使用したときの基本動作の覚えやすさ

VR 教材および車掌経験別の主観的な覚えやすさの評価結果を図 3 に示す。各教材について、やや覚えやすい・覚えやすい・かなり覚えやすいを選択した合算値を肯定的評価とした。その結果、主観視点の VR 教材について全車掌で 87.9%（新規養成車掌：89.7%，指導車掌：80.0%）が肯定的に評価していた。また、第三者視点の VR 教材については全車掌で 92.2%（新規養成車掌：93.1%，指導車掌：88.0%）であった。新規養成車掌よりも指導車掌で主観視点では 9.7 ポイント，第三者視点では 5.1 ポイント肯定的評価が低かったが， χ^2 検定では統計的に有意な差は見られなかった。



(a) 主観視点の VR 教材

(b) 第三者視点の VR 教材

図 3 車掌経験別の主観的な覚えやすさ

注) 全車掌 141 人 (新規養成車掌 116 人, 指導 25 人)

3.2.2 今後の研修で使用したい VR 教材

車掌経験別の今後の研修で使用したい VR 教材の選択結果を図 4 に示す。全車掌では両視点から教材を

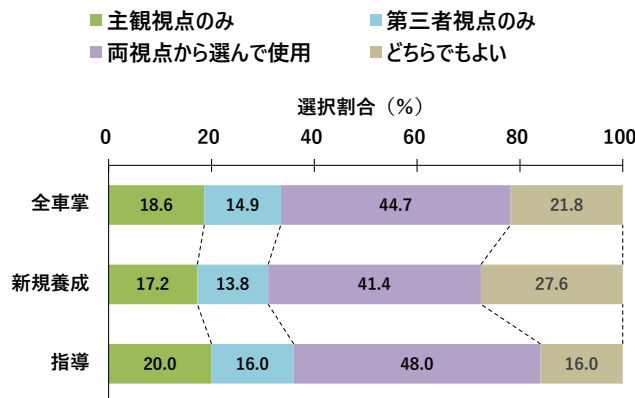


図 4 車掌経験別の今後の研修で使用したい教材

注) 全車掌 141 人 (新規養成車掌 116 人, 指導 25 人)

選んで使用する、の選択割合が最も高く 44.7%（新規養成車掌：41.4%，指導車掌：48.0%），続いて教材のどちらでもよいが 21.8%（新規養成車掌：27.6%，指導車掌：16.0%），主観視点のみは 18.6%（新規養成車掌：17.2%，指導車掌：20.0%），第三者視点のみは 14.9%（新規養成車掌：13.8%，指導車掌：16.0%）であった。新規養成車掌と指導車掌の選択率に 2.8～9.6 ポイントの違いが見られたが、 χ^2 検定では統計的に有意な差は見られなかった。

3.2.3 今後の研修で使いたい VR 教材を選択した理由

3.2.2 項で示した「今後の研修で使いたい教材」の選択理由について、自由記述の内容を基に分類を行った（表 1）。「両視点から選んで使用する」を選択した全車掌のうち 74.1%が各視点の利点を記述していた。具体的には主観視点の教材は車掌シミュレータを用いて訓練するような視点で体験できることや、第三者視点は基本動作全体の流れを学習しやすいといった理由が挙げられていた。また、15.5%が学習段階での使い分けが効果的と考えていた。具体的には、基本動作をしっかりと覚えていない学習初期は第三者視点が有効であり、基本動作をある程度覚えた後は主観視点が有効であるといった理由が挙げられていた。

「どちらでもよい」を選択した車掌も「両視点から選んで使用する」を選択した車掌と同様に、各視点での利点（85.7%）と学習段階での使い分け（3.3%）を挙げている人が多かった。また、主観視点と第三者視点のみ使用を選択した車掌はそれぞれの利点と欠点のみを挙げている人が多かった。

表 1 今後使いたい教材に関する自由記述の分類と出現割合および人数

今後使いたい教材	理由の分類	出現割合（人数）
両視点から選んで使用する (63人)	各視点の利点	74.1%(47人)
	学習段階での使い分け	15.5%(10人)
	その他	10.3%(6人)
どちらでもよい (31人)	各視点の利点	85.7%(26人)
	学習段階での使い分け	3.3%(1人)
	その他	13.3%(4人)
主観的視点のみ使用する (26人)	主観視点の利点	69.6%(18人)
	第三者視点の欠点	17.4%(5人)
	その他	13.0%(3人)
第三者視点のみ使用する (21人)	第三者視点の利点	54.5%(11人)
	主観的視点の欠点	36.4%(8人)
	その他	9.1%(2人)

3.3 考察

鉄道事業者の研修所で視点の異なる VR 教材を試用した結果、視点に関わらず基本動作が覚えやすくなると肯定的に評価されていた（主観視点：約 88%，第三者視点：約 92%）。本報告では、新規養成車掌は自分が使用した場合の直接評価、指導車掌は現場で指導している車掌が使用した場合の間接評価であり、統計的に有意な差は見られなかったが、主観視点では約 10 ポイント（指導車掌：約 80%，新規養成車掌：約 90%），第三者視点では約 5 ポイント（指導車掌：約 88%，新規養成車掌：約 93%）肯定的評価の割合が低下していた。第三者視点に比べて VR の特性を活かした主観視点の教材は鉄道事業者の研修所ではあまり使用されない形式であるという背景から、間接評価を行っていた指導者にとって、現場で指導してい

る車掌による活用イメージが持ちにくかった可能性がある。ただし、指導車掌も全体としては覚えやすさについて肯定的に評価していたことから、事前に主観視点の教材の活用方法を十分に説明することで、実務的な導入に対して大きな抵抗感を生じにくいと考えられる。

今後の研修で使いたい教材として全車掌の約45%が「両視点から選んで使用する」、約22%が「どちらでもよい」を選択していた。これらの選択理由に関する自由記述は両者ともに「各視点の利点」と「学習段階の使い分け」で共通しており、「どちらでもよい」を選択した車掌も「両視点から選んで使用する」を選択した車掌と同様の使用方法を想定していた可能性がある。したがって、これらを選択した車掌は主観視点と第三者視点の相補的な教育的価値を持つと捉えていることが示された。約19%が「主観視点のみ」、約15%が「第三者視点のみ」を選択しており、これらの選択理由に関する自由記述では各視点の利点と欠点が挙げられていた。利点としては、主観視点は現場に近い体験的理解を促し、第三者視点は動作全体の構造の理解に有用であるといった意見が多く、先行研究^{8) 9) 10)}で指摘されている視点ごとの利点と一致していた。また、全体の約8% (11人)ではあるが、学習段階によって視点を使い分けると有効であると考えられる車掌も存在した。具体的には、基本動作を十分に習得していない初学者には第三者視点で全体像を把握させ、習熟後には主観視点でより実践的な理解を深める学習が有効であると捉えられていた。一般的に、手続き学習では、初学者はまず作業全体の構造や動作間の関係性を理解する必要があり、この段階では動作を俯瞰的に把握できる第三者視点の有効であると考えられる。動作の大枠を把握した後は、より現場に近い主観視点で細部の動きや注意の向け方を体験できることが、実践的理解の促進につながる可能性がある。視点の違いが学習者の既有知識や経験によって変化することは、手続きを学習する研究^{8) 10)}でも示唆されており、学習者が学習目的を意識して教材の視点を選択することが望ましいと考えられる。その一方で、現状のVR技術では触覚刺激や実物操作の再現に限界があり、複雑な現場作業を仮想環境で完全に代替することは難しい。また、教材開発には一定の人的資源や費用を要することから、VR教材は従来の教育訓練を補完する形で活用することが現実的であると考えられる。

4. まとめ

本報告では車掌の基本動作の習得を促進するため、主観視点と第三者視点のVR教材を開発し、鉄道現場で試用した。その結果、鉄道現場でもVRを活用した教材が受容されることが示唆され、教材の使用により基本動作が主観的に覚えやすくなることが示された。今後はこれらの教材を用いて学習することで基本動作の習得が実際に支援されているかを確認するため、記憶や動作の定着度の観点から客観的に評価していく必要がある。

文献

- 1) 村越暁子, 宮地由芽子, 松本麻美, 鑄木俊暁, 羽山和紀: 触車自己防止ルールの遵守徹底に向けた安全教育法の開発, 鉄道総研報告, Vol.34, No.1, pp.9-14, 2020
- 2) 増田貴之, 佐藤文紀, 藤道宗人, 鑄木俊暁: 鉄道保線社員のハザード知覚—その1: 測定用VR映像の作成—, 産業・組織心理学会第39回大会発表論文集, 2024
- 3) 藤道宗人, 増田貴之, 佐藤文紀, 鑄木俊暁: 鉄道保線社員のハザード知覚—その2: VR映像による測定結果—, 産業・組織心理学会第39回大会発表論文集, 2024
- 4) Radhakrishnan, U., Koumaditis, K., Chnello, F., “A systematic review of immersive virtual reality for industrial skills training,” Behaviour & Information Technology, Vol. 40, No.12, pp.1310-1339, 2021.
- 5) Yulkifli, Y., Hariyanto, D., Suprpto, N., Hakim, S. R., Mufit, F., Dhanil, M., & Novitra, F., “The Impact of Virtual Reality on Creative Thinking

- Skills and Self-Efficacy in Learning Rotational Dynamics,” *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 15, No.6, pp.1302-1308, 2025.
- 6) Makransky, G., & Lilleholt, L. “A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education,” *Educational Technology Research and Development*, Vol.66, pp.1141-1164, 2018.
 - 7) Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., Wohlgenannt, I., “A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda,” *Computers & Education*, Vol. 147, p103778, 2020.
 - 8) Fiorella, L., van Gog, T., Hoogerheide, V., Mayer, R. E. “It’s all a matter of perspective: Viewing first-person video modeling examples promotes learning of an assembly task,” *Journal of Educational Psychology*, Vo.109, No.5, pp.653-665, 2017.
 - 9) 早川俊行, 長谷川大, 佐久田博司: 主観視点の3D手本動作教材提示によるドラム演奏学習支援および熟練者視線情報を利用した教材による学習効果, *知能と情報*, Vol.28, No.1, pp.511-521, 2016.
 - 10) Koning, B. B., Mok, K., Marcus, N., Ayres, P., “Investigating the role of hand perspective in learning from procedural animations,” *British Journal of Educational Psychology*, Vol.93, No.S2, pp.251-269, 2023.